


SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL DISK RECORDING/ REPRODUCING DEVICE

Patent number: JP2003086902
Publication date: 2003-03-20
Inventor: HIRUKAWA SHUICHI
Applicant: SHARP CORP
Classification:
- international: H01S5/343; G11B7/125; H01L21/205; H01S5/223
- european:
Application number: JP20010278135 20010913
Priority number(s):

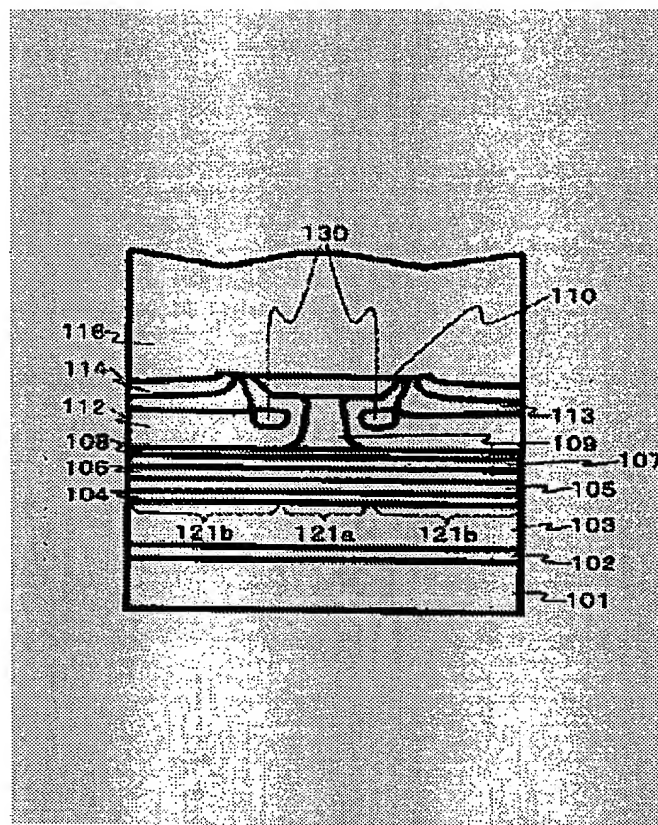
Also published as:

 US2003048825 (A1)

Abstract of JP2003086902

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device which is capable of oscillating laser rays of wavelength 780 nm band in a single lateral mode, kept superiority in reliability, and has a long service life while outputting high power and an optical disk recording/reproducing device using the same.

SOLUTION: A multi-quantum well active layer 105 is formed of InGaAsP, and a first clad layer 103, a second clad layer 107, a third clad layer 109, and a first current block layer 112 are formed of III-V compound semiconductor containing only As as a V element. A cavity 130 is provided adjacent to and nearly parallel with the ridge stripe-shaped third clad layer 109 in the first current block layer 112.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-86902

(P2003-86902A)

(43) 公開日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

http://www.espace.net.com

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 S	5/343	H 0 1 S	5 D 1 1 9
G 1 1 B	7/125	G 1 1 B	A 5 D 7 8 9
H 0 1 L	21/205	H 0 1 L	5 F 0 4 5
H 0 1 S	5/223	H 0 1 S	5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-278135(P2001-278135)

(22) 出願日 平成13年9月13日 (2001.9.13)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 蛭川 秀一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 篠 (外1名)

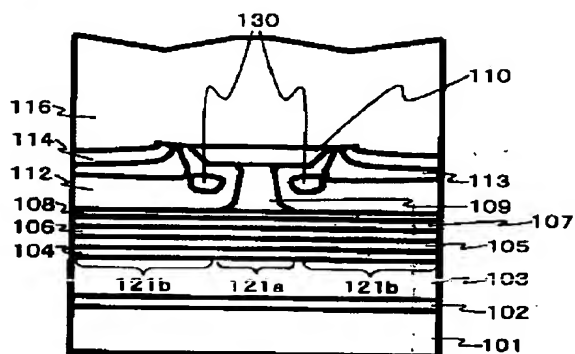
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置および光ディスク記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 発振波長が780nm帯で、単一横モードを実現させるとともに、高出力駆動状態において高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置、および、その半導体レーザ装置を用いた光ディスク記録再生装置を提供すること。

【解決手段】 多重量子井戸活性層105はInGaAsPからなり、第1クラッド層103と、第2クラッド層107と、第3クラッド層109と、第1電流ブロック層112はV族元素としてAsのみを含むIII-V族化合物半導体からなる。第1電流ブロック層112内に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層109近傍に、かつ、上記第3クラッド層109に略平行に、空洞部130が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、第1導電型の第1クラッド層と、量子井戸活性層と、第2導電型の第2クラッド層と、リッジストライプ形状の第2導電型の第3クラッド層を順次有すると共に、上記第3クラッド層の両側に位置する第1導電型の第1電流ブロック層を有する半導体レーザ装置において、

上記量子井戸活性層はV族元素として少なくともPを含むIII-V族化合物半導体からなり、

上記第1クラッド層と、第2クラッド層と、第3クラッド層と、第1電流ブロック層はV族元素としてAsのみを含むIII-V族化合物半導体からなり、

上記第1電流ブロック層内に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層近傍に、かつ、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層に略平行に、空洞部が設けられていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記量子井戸活性層は少なくとも井戸層およびバリア層を含み、少なくとも上記井戸層はInGaAsPからなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体レーザ装置において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部よりも広い幅を有する半導体層が積層されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザ装置において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上の半導体層の幅は、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅よりも片側で少なくとも0.48 μ m以上、1.08 μ m以下の範囲で幅広であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層が断面逆メサ形状であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記第1クラッド層が、異なるAl混晶比を有するAlGaAsからなる2層からなり、その2層のうち上記量子井戸活性層に近い層のほうが他の層よりも高Al混晶比であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記量子井戸活性層が歪量子井戸活性層であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記量子井戸活性層内の井戸層が圧縮歪を有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】 請求項8に記載の半導体レーザ装置にお

いて、上記井戸層の有している圧縮歪量が3.5%以内であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項10】 請求項2乃至9のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記量子井戸活性層内のバリア層が引張歪を有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項11】 請求項10に記載の半導体レーザ装置において、上記バリア層の有している引張歪量が3.5%以内であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記第3クラッド層および上記第1電流ブロック層は、エッチングストップ層上に設けられており、上記空洞部と上記エッチングストップ層との間の距離は、0.3~0.6 μ mであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項13】 請求項1乃至12のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の側面と上記空洞部との間に第1電流ブロック層が存在して、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の側面が上記空洞部に露出していないことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項14】 請求項1乃至13のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅が1.5~3.0 μ mであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項15】 請求項1乃至14のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置を備えることを特徴とする光ディスク記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ装置、特に高出力・高信頼性を実現できる半導体レーザ装置およびそれを用いた光ディスク記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信装置や光記録装置などに用いられる半導体レーザ装置は、それらの高速化・大容量化といったニーズに伴って、半導体レーザ装置の様々な特性を向上させるための研究開発が進んでいる。

【0003】その中で、従来、CDやCD-R/RWといった光ディスク再生装置、光ディスク記録再生装置に用いられる発振波長が780nm帯の半導体レーザ装置は、AlGaAs系の材料により作製されており、リッジストライプ形状を有する装置が代表的である。

【0004】一般に、このような半導体レーザ装置は、電流狭窄層の積層時に、リッジストライプの側面近傍部がコンタクト層の底下にあるため、そのリッジストライプの側面近傍に材料ガスが回り込みにくく、また、上記リッジストライプ側面の有する面方位により、結晶成長速度の遅い領域がある。その結果、上記リッジストライ

アの側面近傍部が完全に埋め込まれることなく、空洞部を有することになる。

【0005】上記内容は特開平3-64980に開示されているが、その公報では上記空洞部の屈折率が低くて単一横モード発振がしにくい等という課題を解決するために、その空洞部をなくすための手段が提案されている。図8に概略図を示し、以下に簡単に説明する。

【0006】この半導体レーザ装置は、GaAs基板501上に、AlGaAs第1クラッド層502、AlGaAs活性層503、AlGaAs第2クラッド層504、GaAsコンタクト層505を順次積層する。さらに、SiO₂膜(図示していない)をスパッタし、このSiO₂膜を通常のフォト工程によりストライプ状に形成する。その後、上記SiO₂をマスクとして化学エッチングにより上記コンタクト層505および第2クラッド層504をエッチングして、この第2クラッド層504をリッジストライプ形状にする。

【0007】そして、上記SiO₂膜を選択成長用マスクとして、上記リッジストライプ形状の第2クラッド層504の両側にGaAs電流狭窄層506を形成する。その後、上記SiO₂膜を除去して、上記コンタクト層505と一体となるように全面にコンタクト層505を積層する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記従来例では空洞部をなくすことにより横モード安定化が実現されている。しかしながら、本発明者が実際にこの従来技術を用いてAlGaAs系にて高出力半導体レーザ装置を試作したところ、最大光出力は約180mWであり、このレベルで端面破壊が生じることが確認された。これは、活性なAlの存在によりレーザ端面にAl酸化物が生じやすく、高出力化・高信頼性化・長寿命化への妨げとなっているからである。

【0009】また、上記従来例においては、上記コンタクト層505および上記第2クラッド層504を、エッチングによりリッジストライプ形状に形成する際に、エッチャントに工夫を加えている。これは、ストライプ状のコンタクト層505が、リッジストライプ形状をしている第2クラッド層504に対して、横方向にはみだして庇を形成しないようにするためである。しかし、この方法ではエッチャントおよびエッチング時間の管理が容易でないという欠点がある。

【0010】そこで、本発明の課題は、GaAs基板を用いた高出力半導体レーザ装置、特にCD-R/RW用の780nm帯の高出力半導体レーザ装置において、単一横モードを実現させるとともに、高出力駆動状態において高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置、および、その半導体レーザ装置を用いた光ディスク記録再生装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明にかかる半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、第1導電型の第1クラッド層と、量子井戸活性層と、第2導電型の第2クラッド層と、リッジストライプ形状の第2導電型の第3クラッド層を順次有すると共に、上記第3クラッド層の両側に位置する第1導電型の第1電流ブロック層を有する半導体レーザ装置において、上記量子井戸活性層はV族元素として少なくともPを含むIII-V族化合物半導体からなり、上記第1クラッド層と、第2クラッド層と、第3クラッド層と、第1電流ブロック層はV族元素としてAsのみを含むIII-V族化合物半導体からなり、上記第1電流ブロック層内に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層近傍に、かつ、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層に略平行に、空洞部が設けられていることを特徴としている。

【0012】上記構成によれば、横モードが安定し、高出力において高信頼性を有し、かつ、長寿命な780nm帯の高出力半導体レーザ装置を実現できる。これは、発振波長が780nm帯の量子井戸活性層において、Pを含むIII-V族化合物半導体、例えば、InGaAsP系の化合物半導体の屈折率がAlGaAs系の化合物半導体の屈折率よりも小さいためである。すなわち、例えば、InGaAsP系の材料を量子井戸活性層に用いることによって、上記空洞部と上記量子井戸活性層との間の屈折率差が、従来のAlGaAs系の材料の活性層を用いた場合よりも小さくなって、単一横モードを安定に発振させるに足るだけの許容範囲内の屈折率差が得られるからである。

【0013】また、この半導体レーザ装置では、上記第1電流ブロック層内に空洞部を形成しているので、リッジストライプ形状の第3クラッドの上から底が出ないようにする必要がなくて、上記リッジストライプ形状の第3クラッドを形成するためのエッチャントおよびエッチング時間の管理が容易になる。

【0014】1実施の形態では、上記量子井戸活性層は少なくとも井戸層およびバリア層を含み、少なくとも上記井戸層はInGaAsPからなる。

【0015】上記実施の形態によれば、横モードが安定し、高出力において高信頼性を有し、かつ、長寿命な780nm帯の高出力半導体レーザ装置が得られる。

【0016】1実施の形態では、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部よりも広い幅を有する半導体層が積層されている。

【0017】上記実施の形態によれば、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上に、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部よりも広い幅を有する半導体層が積層されているので、高出力駆動状態での安定した横モード発振に対して、より好適な位置に上

記空洞部を設けることができる。

【0018】1実施の形態では、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上の半導体層の幅は、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅よりも片側で少なくとも $0.48\mu\text{m}$ 以上、 $1.08\mu\text{m}$ 以下の範囲で幅広である。

【0019】上記実施の形態によれば、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の直上の半導体層の幅は、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅よりも片側で少なくとも $0.48\mu\text{m}$ 以上、 $1.08\mu\text{m}$ 以下の範囲で幅広であるので、上記空洞部を最適な位置に、最適な大きさに形成することができる。したがって、高出力駆動状態で、安定した横モード発振をし、高信頼性、長寿命の半導体レーザ装置が得られる。

【0020】1実施の形態では、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層が断面逆メサ形状である。

【0021】ここで、断面逆メサ形状とは、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層が延びる方向に垂直な断面において、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層がGaAs基板に向かって幅が狭くなっていく形状、または、くびれている形状を言う。

【0022】上記実施の形態によれば、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層が断面逆メサ形状であるので、上記空洞部が最適な位置に形成される。したがって、高出力駆動状態で、安定した横モード発振をすると共に、高信頼性、長寿命を有する半導体レーザ装置が得られる。

【0023】1実施の形態では、上記第1クラッド層が、異なるAl混晶比を有するAlGaAsからなる2層からなり、その2層のうち上記量子井戸活性層に近い層のほうが他の層よりも高Al混晶比である。

【0024】上記実施の形態によれば、上記第1クラッド層を構成する異なるAl混晶比を有するAlGaAsからなる2層のうち、上記量子井戸活性層に近い層のほうが他の層よりも高Al混晶比であるので、GaAs基板方向へ漏れ出そうとするレーザ光を効果的に遮って、高出力時のGaAs基板での光の吸収をさらに抑えることができる。したがって、さらに、半導体レーザ装置の高出力化・高信頼性化を達成できる。

【0025】1実施の形態では、上記量子井戸活性層が歪量子井戸活性層である。

【0026】上記実施の形態によれば、上記量子井戸活性層が歪量子井戸活性層であるので、さらに、半導体レーザ装置の低しきい電流値化・高出力化を達成できる。

【0027】1実施の形態では、上記量子井戸活性層内の井戸層が圧縮歪を有している。

【0028】上記実施の形態によれば、上記活性層内の井戸層が圧縮歪を有しているので、GaAs基板上の、例えば、InGaAsPからなる圧縮歪量子井戸活性層を用いて 780nm 帯の半導体レーザ装置を実現でき

る。また、上記InGaAsPからなる圧縮歪量子井戸活性層は、AlGaAsとは異なってAlの存在しない量子井戸活性層であるため、高出力化が可能で、さらに、上記空洞部を有するから、さらなる高信頼性、高出力な半導体レーザ装置が得られる。

【0029】1実施の形態では、上記井戸層の有している圧縮歪量が3.5%以内である。

【0030】上記実施の形態によれば、上記井戸層の有している圧縮歪量が3.5%以内であるので、より高出力、高信頼性、長寿命な半導体レーザ装置が得られる。

【0031】1実施の形態では、上記量子井戸活性層内のバリア層が引張歪を有している。

【0032】上記実施の形態によれば、上記量子井戸活性層内のバリア層が引張歪を有しているので、このバリア層によって、圧縮歪を有する井戸層に対してその歪量を補償することができる。したがって、より安定した結晶をもつ歪量子井戸活性層を形成することができる。したがって、より信頼性の高い半導体レーザ装置が実現できる。

【0033】1実施の形態では、上記バリア層の有している引張歪量が3.5%以内である。

【0034】上記実施の形態によれば、上記バリア層の有している引張歪量が3.5%以内であるので、より高出力、高信頼性、長寿命な半導体レーザ装置が得られる。

【0035】1実施の形態では、上記第3クラッド層および上記第1電流ブロック層は、エッチングストップ層上に設けられており、上記空洞部と上記エッチングストップ層との間の距離は、 $0.3\sim 0.6\mu\text{m}$ である。

【0036】ここで、上記空洞部と上記エッチングストップ層との間の距離とは、上記空洞部の下端と上記エッチングストップ層の上面との間の距離を言う。

【0037】この実施の形態では、上記空洞部と上記エッチングストップ層との間の距離を、 $0.3\mu\text{m}$ 以上にしているので、光閉じ込めが強くなり過ぎず、かつ、レーザ光がGaAs基板に吸収されるのを抑えることができ、かつ、上記距離が $0.6\mu\text{m}$ 以下であるので、光閉じ込め等の光学的効果が過度に弱くならない。したがって、この実施の形態によれば、高出力で高信頼性のある半導体レーザ装置が得られる。

【0038】1実施の形態では、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の側面と上記空洞部との間に第1電流ブロック層が存在して、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の側面が上記空洞部に露出していない。

【0039】上記実施の形態によれば、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の側面が上記空洞部に露出していないから、上記第3クラッド層の側面が酸化するのを防止できて、半導体レーザ装置の信頼性を高くし、寿命を長くすることができる。

【0040】1実施の形態では、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅が1.5〜3.0 μm である。

【0041】上記実施の形態によれば、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層の最下部の幅が1.5〜3.0 μm であるから、より安定な単一横モードのレーザ光を発振させることができる。

【0042】本発明の光ディスク記録再生装置は、上記半導体レーザ装置のうちのいずれか1つを備える。

【0043】上記光ディスク記録再生装置は、上記半導体レーザ装置を用いているので、高速で読み書きができる。

【0044】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）図1は、本発明に係る実施の形態1の半導体レーザ装置の構造を示す図である。図2〜図4は、上記半導体レーザ装置の作製方法を説明する図である。

【0045】まず、図2に示すように、(100)面を持つn-GaAs基板101上に、n-GaAsバッファ層102（層厚0.5 μm ）、第1クラッド層の一例としてのn-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層103（層厚2.0 μm ）、Al_{0.35}Ga_{0.65}As下ガイド層104（層厚65 nm）、In_{0.18}As_{0.82}Ga_{0.81}As_{0.67}P_{0.32}圧縮歪量子井戸層（歪0.17%、層厚80 Å、2層）とIn_{0.05}Ga_{0.95}As_{0.61}P_{0.38}引っぱり歪バリア層（歪-1.0%、基板側から層厚100 Å・50 Å・100 Åの3層）を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層105、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第1上ガイド層106（層厚65 nm）、第2クラッド層の一例としてのp-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第1上クラッド層107（層厚0.1916 μm ）、p-GaAsエッチングストップ層108（層厚30 Å）、第3クラッド層の一例としてのp-Al_{0.48}Ga_{0.51}As第2上クラッド層109（層厚1.242 μm ）、および、半導体層の一例としてのGaAsキャップ層110（層厚0.75 μm ）を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。さらに、下記のメサストライプ部121a（図1、3、4を参照）を形成する部分に、レジストマスク111（マスク幅5.5 μm ）をストライプ方向が[011]方向を持つように写真工程により作製する。

【0046】次に、上記レジストマスク部111以外の部分をエッチングして、図3に示すように、メサストライプ部121aを形成する。上記エッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用いて二段階で行い、エッチングストップ層108直上まで行う。GaAsはフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用して、エッチング面の平坦化およびメサストライプ部121aの幅制御を可能にしている。エッチン

グの深さは1.95 μm 、メサストライプ部121aの最下部の幅は約2.5 μm である。エッチング後、上記レジストマスク111（図2を参照）を除去する。このとき、上記キャップ層110の幅は、上記メサストライプ部121aの最下部の幅よりも片側で0.8 μm ほど幅広である。

【0047】続いて、図4に示すように、n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第1電流ブロック層112（層厚1.0 μm ）、n-GaAs第2電流ブロック層113（層厚0.3 μm ）、p-GaAs平坦化層114（層厚0.65 μm ）を順次有機金属結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。

【0048】上記キャップ層110が、上記メサストライプ部121aよりも幅広で、このメサストライプ部121aの側面近傍領域に対して庇の役割を果たしているため、上記第1電流ブロック層112の結晶成長時に、上記メサストライプ部121aの側面近傍領域に成長ガスが入りこみにくくて、上記メサストライプ部121aの側面近傍領域では結晶成長速度が遅くなる。また、上記メサストライプ部121a側面の面方位からも、上記メサストライプ部121aの側面近傍領域では結晶成長速度が遅くなる。しかし、上記庇のない領域に関しては、結晶成長速度が遅くならない。そのため、上記メサストライプ部121aの側面近傍には、つまり、リッジストライプ形状の第2上クラッド層109の側面近傍には、結晶成長がされない箇所が生じて、第1電流ブロック層112に閉じ込められるような空洞部130が生じることとなる。このとき、この空洞部130の最下面が、上記エッチングストップ層108より0.5 μm 離れており、また、上記空洞部130と上記メサストライプ部121aの側面との距離が、0.3 μm である。

【0049】その後、写真工程により、上記メサストライプ部121aの両側方の離れた領域121b上にもレジストマスク115を形成する。続いて、上記メサストライプ部121a上の第1、第2電流ブロック層112、113および平坦化層114をエッチングにより除去する。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、二段階でエッチングを行う。その後、上記レジストマスク115を除去して、図1に示すように、p-GaAsキャップ層116（層厚2.0 μm ）を積層する。このようにして、図1に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0050】本実施の形態1の半導体レーザ装置においては、発振波長は780 nmであり、85℃、200 mWパルスの信頼性試験において5000時間以上の安定な動作を確認した。従来のようなAlGaAs系の材料により作製された半導体レーザ装置では、横モードを安定させるために空洞部を埋め込んでいても、最大光出力は約180 mWであり、このレベルで端面破壊が生じて

いた。これは、活性なAlの存在により半導体レーザ装置の端面にAl酸化物が生じやすく、高出力化・高信頼性化・長寿命化への妨げとなっているからであると考えられる。しかし、本実施の形態1では、メサストライプ部121a、すなわち、リッジストライプ形状の第3クラッド層としての第2上クラッド層109の両側面近傍に、このリッジストライプ121aと略平行に、半導体層が積層されていない空洞部130を設け、InGaAsPを主成分とする量子井戸活性層105を用いることにより、上記空洞部130が存在するにも拘わらず、横モードを安定させることができた。発明者等はこの現象を詳細に検討した結果、量子井戸活性層105に用いているInGaAsP系の材料の屈折率がAlGaAs系の材料よりも小さいことが原因であることを見出した。すなわち、先述の空洞部130を有する半導体レーザ装置において、InGaAsP系の材料を量子井戸活性層105に用いることによって、上記空洞部130と量子井戸活性層105との間の屈折率差が従来よりも小さくなって、単一横モードを安定に発振させるに足るだけの許容範囲内の屈折率差を有することになる。これにより、上記効果が得られたものと考えられる。さらには、この半導体レーザ装置を70℃、230mWで信頼性試験に投入したところ、10000時間以上安定動作することを確認した。これは、上記量子井戸活性層105がAlを含まないため酸化が起きにくいことが理由であると考えられる。

【0051】また、本実施の形態1においては、上記空洞部130が上記エッチングストップ層108から0.3μm以上離れていて、上記量子井戸活性層105に空洞部130が近づきすぎているため、光閉じ込めが強くなりすぎず、かつ、レーザ光が基板101に吸収されるのを抑えることができ、半導体レーザ装置の高出力化・高信頼性化という効果が得られた。一方、上記空洞部130のエッチングストップ層108からの距離が遠すぎると、上記光閉じ込め等の光学的効果が薄れるので、上記距離は0.6μm以下にする必要がある。したがって、上記距離は0.3～0.6μmが好適である。

【0052】また、本実施の形態1において、上記キャップ層110の幅は、上記メサストライプ部121aの最下部の幅よりも片側で0.7μmほど幅広であるが、上記キャップ層110の幅が、上記メサストライプ部121aの最下部の幅よりも片側で0.48μm以上、1.08μm以下の範囲で幅広であると、図5および6から明らかなように、空洞部130を形成でき、かつ、この空洞部130を上記エッチングストップ層108から0.3μm離れて形成することができ、つまり、最適な位置、大きさの空洞部130を形成できて、高出力駆動状態での安定した横モード発振に対して、高信頼性、長寿命が得られた。図5は、底の大きさ（上記キャップ層110の幅とメサストライプ部121aの最下部

の幅との差の1/2で表す。）が0.48μm以上の場合に、空洞部が作製されるが（図5中の黒丸部）、0.48μmに満たない場合、空洞部が作製されないこと（図5中の白丸部）を示している。また、図6は、上記底の大きさが1.08μmを越える場合、上記第1電流ブロック層112が底下において成長しにくくて、上記エッチングストップ層108上に0.3μm以上成長させることができないことを示している。そのため、上記キャップ層110の幅は、上記の如く、上記メサストライプ部121aの最下部の幅よりも片側で0.48μm以上、1.08μm以下の範囲で幅広であることが必要である。

【0053】また、本実施の形態1においては、上記第2上クラッド層109がリッジストライプ形状を有しているが、その形状が逆メサであるため、高出力駆動状態での安定した横モード発振に対して、より好適な位置に上記空洞部130が存在して、上記の効果が得られた。ここでいう逆メサとは、上記リッジストライプの延びる方向に垂直な断面において、上記リッジストライプが基板に向かって幅狭になっていく形状、もしくはくびれている形状を言う。

【0054】また、本実施の形態1においては、上記下クラッド層103が単一のAl_{0.5}Ga_{0.5}Asで構成されているが、例えば、下クラッド層を、第1下クラッド層と第2下クラッド層とを順に積層して構成し、上記第1下クラッド層をAl_{0.445}Ga_{0.555}Asで形成し、上記第2下クラッド層をAl_{0.561}Ga_{0.439}Asで形成してもよい。このように、下クラッド層を、順に積層された二段階の上記第1、第2下クラッド層で構成し、かつ、第2下クラッド層のAl混晶比を高くすると、GaAs基板101方向へ漏れ出すレーザ光を効果的に遮蔽するので、高出力時のGaAs基板101での光の吸収をさらに抑えることができ、さらに半導体レーザ装置の高出力化・高信頼性化という効果が得られた。

【0055】また、本実施の形態1においては、GaAs基板101上にInGaAsPからなる上記圧縮歪量子井戸層を設けており、これにより、特に780nm帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現され、さらに、上記空洞部130を有するので、さらなる高信頼性を有する高出力な半導体レーザ装置が得られた。また、上記圧縮歪量子井戸層の圧縮歪量が0.17%と、3.5%以内であるので、より好適に上記効果が得られた。ここでいう歪量とは、GaAs基板101の格子定数をa_{GaAs}、上記圧縮歪量子井戸層の格子定数をa₁とすると、(a₁-a_{GaAs})/a_{GaAs}で表される。この値が正であれば圧縮歪、負であれば引張り歪と呼ばれる。

【0056】また、本実施の形態1において、780nm帯として上記圧縮歪量子井戸層の組成比を変化させて

歪量を増加させた場合、歪量3.5%を越える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚でレーザを作製するためには、上記圧縮歪量子井戸層の歪量は3.5%以内であることが望ましいことが分った。

【0057】また、本実施の形態1においては、上記多重量子井戸活性層105中に、InGaAsPからなる引張歪バリア層を設けて、圧縮歪を有する上記圧縮歪量子井戸層に対してその歪量を補償しているため、より安定した結晶をもつ多重量子井戸活性層105を作製することができて、高信頼性の半導体レーザ装置が実現された。また、上記引張歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。また、上記引張歪量を増加させた場合、歪量3.5%を越える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚でレーザを作製するためには、引張歪バリア層(障壁層)の歪量は3.5%以内であることが望ましいことが分った。

【0058】また、本実施の形態1においては、上記空洞部130が上記メサストライプ部121aの側面に接しておらず、その側面上に0.5 μ mの上記第1電流ブロック層112が存在しているために、第2上クラッド層109を構成するAlGaAsが空洞部130に露出して酸化してしまうことを防ぐことができ、半導体レーザ装置の高信頼性化・長寿命という効果が得られた。

【0059】なお、上記空洞部130と、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層としての第2上クラッド層109の側面との距離が0.9 μ mを越えると、空洞部が埋まってしまう虞があるので、上記距離は0.9 μ m以下であるのが望ましい。

【0060】また、本実施の形態1においては、上記メサストライプ部121aの最下部の幅を1.5~3.0 μ mにすることにより、より安定な単一横モードのレーザ光を発振させる効果が得られた。

【0061】(実施の形態2)図7は、本発明にかかる実施の形態2の光ディスク記録再生装置の構造を示した図である。この光ディスク記録再生装置は、光ディスク401にデータを書き込んだり、書き込まれたデータを再生するためのものであり、その際用いられる発光素子として、先に説明した実施の形態1の半導体レーザ装置402を備えている。

【0062】この光ディスク記録再生装置においては、書き込みの際に、半導体レーザ装置402から出射された信号光がコリメートレンズ403により平行光とされ、ビームスプリッタ404を透過して、 $\lambda/4$ 偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光されて光ディスク401に照射される。一方、読み出し時には、データ信号がのっていないレーザ光が書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。このレーザ光がデータの記録された光ディスク4

01の表面で反射されて、レーザ光照射用対物レンズ406、 $\lambda/4$ 偏光板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射されて、90°角度を変えた後、再生光用対物レンズ407で集光されて、信号検出用受光素子408に入射する。この信号検出用受光素子408によって、入射したレーザ光の強弱によって、記録されたデータ信号が電気信号に変換されて、信号光再生回路409において元の信号に再生される。

【0063】本実施の形態2の光ディスク記録再生装置は、従来よりも高い光出力で動作する半導体レーザ装置402を用いているため、光ディスクの回転数を従来より高速化してもデータの読み書きが可能である。従って、特に書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が従来の半導体レーザ装置を用いた装置よりも格段に短くなり、より快適に操作できる光ディスク記録再生装置を提供することができた。

【0064】なお、ここでは、実施の形態1の半導体レーザ装置を記録再生型の光ディスク装置に適用した例について説明したが、同じ波長780nm帯を用いる光ディスク記録装置、光ディスク再生装置にも適用可能であることはいうまでもない。

【0065】なお、本発明の半導体レーザ装置および光ディスク記録再生装置は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、例えば、井戸層・バリア層の層厚や層数など、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【0066】

【発明の効果】以上より明らかなように、本発明によれば、量子井戸活性層はV族元素として少なくともPを含むIII-V族化合物半導体からなり、第1クラッド層と、第2クラッド層と、第3クラッド層と、第1電流ブロック層はV族元素としてAsのみを含むIII-V族化合物半導体からなり、上記第1電流ブロック層内に、リッジストライプ形状の第3クラッド層近傍に、かつ、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層に略平行に、空洞部を設けているので、横モードが安定し、高出力において高信頼性を有し、かつ、長寿命な780nm帯の高出力半導体レーザ装置を実現できる。

【0067】また、本発明の半導体レーザ装置では、上記第1電流ブロック層内に空洞部を形成しているため、リッジストライプ形状の第3クラッドの上から底が出ないようにする必要がなくて、上記リッジストライプ形状の第3クラッド層を形成するためのエッチャントおよびエッチング時間の管理が容易になる。

【0068】また、本発明の光ディスク記録再生装置は、上記半導体レーザ装置を用いているため、高速で読み書きができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置をリッジストライプ方向に対して垂直な面で切断した断面

図である。

【図2】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置における第1回結晶成長マスクプロセス終了後の状態の断面図である。

【図3】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置におけるメサストライプ形成エッチングプロセス終了後の状態の断面図である。

【図4】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置における電流ブロック層埋め込み結晶成長プロセス終了後の状態の断面図である。

【図5】 本発明の半導体レーザ装置の底の大きさと空洞部の有無およびリッジストライプからの距離の関係を示すグラフである。

【図6】 本発明の半導体レーザ装置の底の大きさと、エッチングストップ層から空洞部までの距離との関係を示すグラフである。

【図7】 本発明の実施の形態2の光ディスク記録再生装置の概略図である。

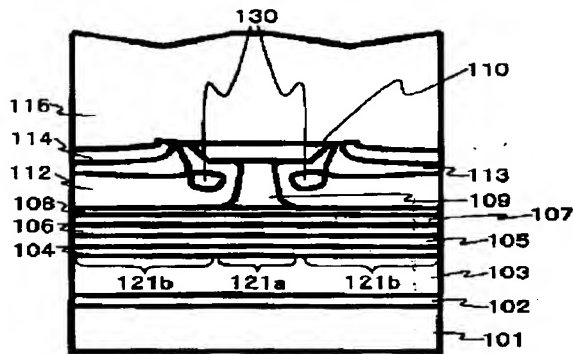
【図8】 従来の半導体レーザ装置の断面図である。

【符号の説明】

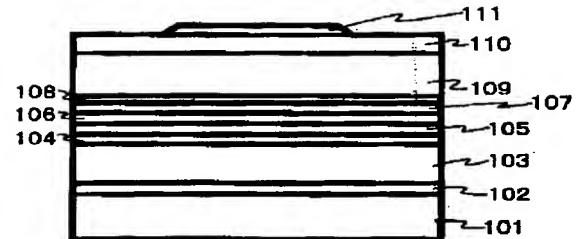
- 101 GaAs基板
- 102 バッファ層
- 103 下クラッド層
- 104 下ガイド層

- 105 多重歪量子井戸活性層
- 106 第1上ガイド層
- 107 第1上クラッド層
- 108 エッチングストップ層
- 109 第2上クラッド層
- 110 キャップ層
- 111 レジストマスク
- 112 第1電流ブロック層
- 113 第2電流ブロック層
- 114 平坦化層
- 115 レジストマスク
- 116 キャップ層
- 121a メサストライプ部
- 121b 上記メサストライプ部両側
- 130 空洞部
- 401 光ディスク
- 402 半導体レーザ装置
- 403 コリメートレンズ
- 404 ビームスプリッタ
- 405 偏光板
- 406 レーザ光照射用対物レンズ
- 407 再生光用対物レンズ
- 408 信号検出用受光素子
- 409 信号光再生回路

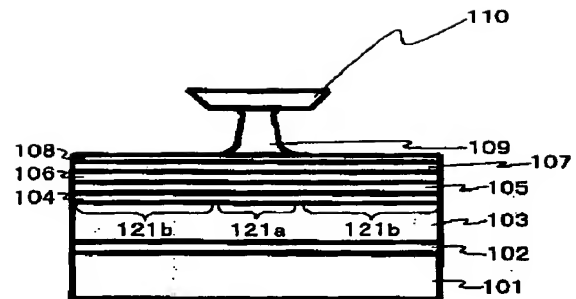
【図1】



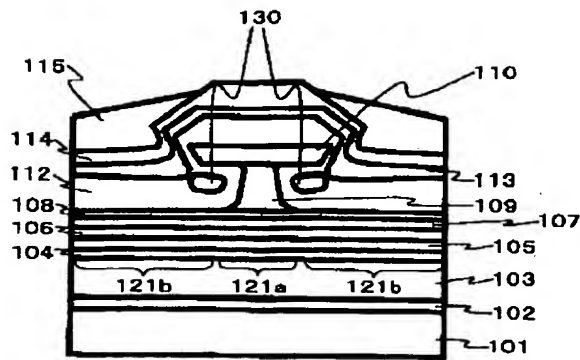
【図2】



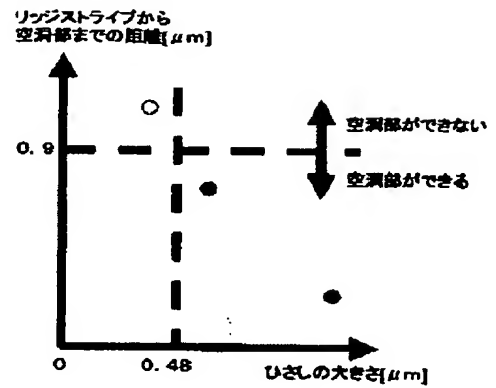
【図3】



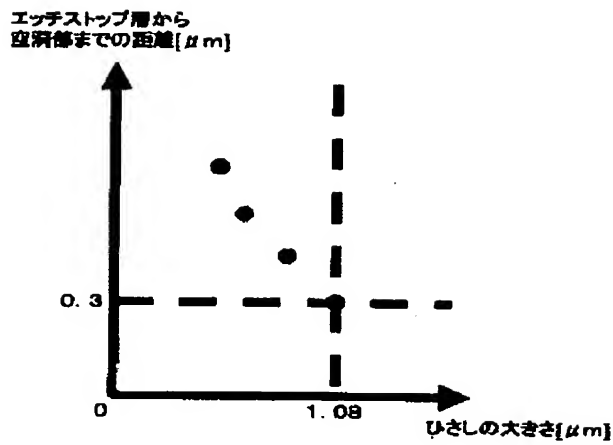
【図4】



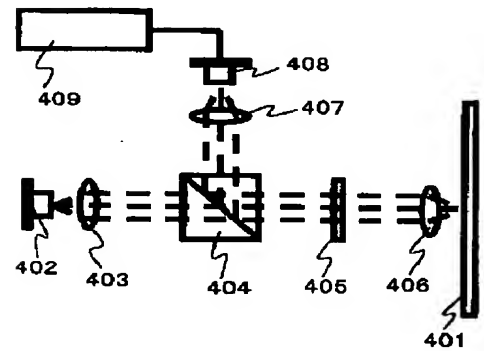
【図5】



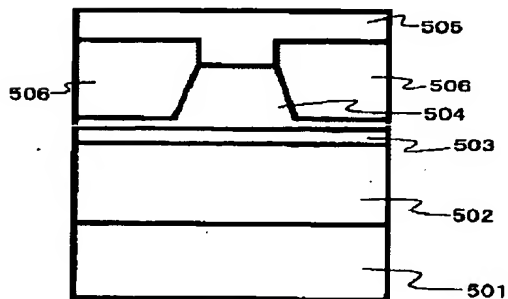
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D119 AA33 AA42 BA01 BB02 BB04
FA05 FA18
5D789 AA33 AA42 BA01 BB02 BB04
FA05 FA18
5F045 AA04 AB10 AB17 AB18 AF04
AF13 CA12 DA53 DA55 DA69
5F073 AA13 AA53 AA74 AB25 AB27
BA05 BA06 CA05 CA12 CB02
DA22 EA24